

PENGARUH FISIKA, KIMIA DAN MIKROBIOLOGI TERHADAP KERUSAKAN PLASTIK

Oleh : Ir. Siti Rochani

Pendahuluan

Plastik dapat mengalami kerusakan sebagaimana logam atau kayu, oleh pengaruh fisika, kimia maupun mikrobial. Penggunaan plastik ditentukan oleh sifat-sifat yang mempunyai misalnya : tegangan putus, perpanjangan putus, gaya pegas (resiliency), sifat isolasi listrik, sifat tembus pandang, ketahanan terhadap beberapa sifat yaitu panas, cahaya, uap air, serangga, oksigen, ozon dan lain-lain.

Tidak semua plastik mempunyai sifat-sifat tersebut diatas, hal ini disebabkan karena adanya beberapa penambahan ingredien seperti bahan pelunak, bahan penstabil, bahan pengisi, pewarna maupun bahan tambahan/aditif yang lain yang masing-masing bahan tersebut mempunyai pengaruh terhadap hasil akhir produk. Untuk memperkirakan ketahanan plastik terhadap kerusakan diperlukan pengetahuan tentang karakteristik bahan-bahan/ingredien tersebut, komposisi bahan serta kondisi proses.

Pada pembuatan barang plastik macam dan jumlah aditif yang ditambahkan sangat bervariasi. Aditif yang paling banyak ditambahkan adalah plasticizer dan filler, sehingga kedua bahan tersebut yang paling besar pengaruhnya terhadap kerusakan produk plastik. Perbaikan salah satu akan menurunkan sifat yang lain. Seperti misalnya penambahan filler serbuk gergaji bisa memperbaiki sifat ketahanan pukul, tetapi menurunkan ketahanan terhadap uap air dan ketahanan terhadap hewan kecil.

Pengaruh bahan pelunak (plasticizer) terhadap pertumbuhan jamur

Plasticizer merupakan bahan yang bisa mengurangi kerapuhan plastik dengan cara melumasi antar individu rantai molekul. Bahan ini umumnya mempunyai titik didih tinggi dan volatilitasnya rendah. Pencampuran plasticizer kedalam kompon plastik biasanya berkisar 20-50%. Penggunaan plasticizer perlu diperhitungkan untuk menghindari kerusakan pada produk akhir.

Ditinjau dari ketahanan terhadap mikrobiologi, jenis plasticizer yang ditambahkan pada plastik perlu lebih diperhatikan dibanding dengan aditif yang lain karena beberapa jenis plasticizer tidak tahan jamur.

Kompon yang mengandung plasticizer berupa residu asam lemak peka terhadap serangan jamur. Yang termasuk golongan ini adalah acetat, propionat, butyrate, caprylate, laurat, myristat, oleat dan ricinolat.

Golongan minyak yang tidak tahan terhadap serangan jamur adalah minyak

castor, minyak tung, linseed, cotton seed, dehidrated castor oil dan triacetin. Tung oil sedikit lebih tahan dari pada natural oil yang lain, sedangkan cyclohexyl lactate (hidroksi propionic acid ester) tahan terhadap serangan jamur.

Golongan ester dari dicarboxylic acid (rantai lurus), sebagian besar peka terhadap jamur, tetapi sedikit lebih tahan dari pada yang monocarboxylic acid. Succinat, adipat, azelat dan sebacat semuanya diserang jamur sedangkan diethyl hexyl azelat, diethyl succinat dan methyl cyclohexyl oxalat mempunyai ketahanan yang baik terhadap jamur. Di-n-butyl tartrat, derivat hydroxylated dicarboxylic acid kebal terhadap jamur. Derivatif dari aliphatic tricarboxylic acid-aconitic, citric dan tricarballic mempunyai ketahanan yang bagus.

Pada derivative monocarboxylic aromatic acid, benzoyl benzoat diserang jamur, sedangkan ethyl o benzoyl benzoat tidak diserang jamur. Terpenes abietic acid dan hydrogenated methyl abietate menunjukkan tahan serangan. Beberapa macam phthalat sebagian besar kebal serangan, kecuali ada beberapa yang sedikit terserang jamur misalnya pada diamyl phthalat, diphenyl phthalat, ethyl 2 methyl 2 nitropropyl phthalat, dibenzyl phthalat, buthyl phthalat, dimethyl cyclohexyl phthalat, methyl phthalat, dicapryl phthalat, tetapi secara umum phthalat tahan serangan jamur.

Dari jenis organik phosphat sebagian besar menunjukkan tahan serangan jamur, kecuali tryphenyl phosphat dan tertier phosphat dari 2 nitro 2 methyl propanol. Phosphat juga digolongkan tahan serangan jamur.

Derivative glicerol, pentaerythritol dan sorbitol menunjukkan sedikit ada pertumbuhan jamur kecuali dipentaerythritol hexacetat dan hexabutirat menunjukkan pertumbuhan jamur yang banyak.

Derivat glicol mempunyai ketahanan yang bervariasi. Jenis-jenis yang tidak tahan pertumbuhan jamur sedang sampai berat adalah : diethylen glycol ethyl ether acetat, butyl ether acetat, ethylen glycol laurat, ethylen glycol ethyl ether laurat, diethylen glycol monolaurat, diethylen glycol ethyl ether laurat, ethylen glycol methyl ether oleat, ethylen glycol methyl ether acetyl ricinoleat, diethylen glycol ethyl ether stearat, tetraethylene glycol monostearat dan distearat. Sedangkan jenis yang tahan serangan jamur adalah : diethylen glycol, dimethyl glycol phthalat, diethylen glycol dipropionat, triethylen glycol di (2-ethylhexoat), diethylen glycol di (2 ethyl butyrat) diacetat dan dipropionat dari 2 nitro 2 methyl-1,3-propanediol.

Derivat glycolic acid menunjukkan tidak tahan diserang jamur. Derivat glycol dan glycolic acid yang terdiri dari rantai alifatik yang tidak lebih dari 10 atom carbon tahan serangan jamur.

Bahan-bahan yang lain seperti chlorinated hydrocarbon, silicon oil, 2 toluensulfonat, ortho dan para toluen ethyl sulfonamide, sulfonated oil, coal tar oil, petroleum oil, diphenyl, diamyl naphtalen, diamylphenoxyethanol, benzophenon, methylamyl dihexyl cyclohexanon, diphenyl sulfone, triphenyl guanidin, butyraldehyde, chlorowax, decalin (hydrogenated naphtalen), ethyl acetanilide dan

butadien acrylonitril, semuanya tidak menyebabkan tumbuhnya jamur. Sedangkan bahan-bahan yang menyebabkan pertumbuhan jamur adalah : refined tall oil, nitril dari asam oleat dan linoleat, resin glycol sebacat, asam lemak dimethylamide.

Ketahanan plastik terhadap serangan mikroorganisme

Faktor ketahanan terhadap mikroorganisme dari masing-masing jenis plastik dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Nama bahan plastik	Ketahanan
Akrilik	
Polymethylmetacrylat	Bagus
Polyacrilonitril ("Orlon")	Bagus
Acrylonitril-vinyl chloride copolimer ("Dynel")	Bagus
Cellulose derivative	
Cellulose acetat	Bagus, kurang
Cellulose acetat butyrat	Bagus
Cellulose acetat-propionat	Bagus
Cellulose nitrat	Kurang
Ethyl cellulose	Bagus
Rayon	
Acetat rayon (estron)	Bagus
Saponifikasi acetat rayon	sedikit lebih tahan dari pada cotton
Cupramonium rayon	Kurang
Viscose rayon	Kurang
Phenol formaldehyde	
Phenol formaldehyde	Bagus
Phenol-anilin formaldehyde	Kurang
Resolsinol formaldehyde	Bagus
Melamine formaldehyde	
Melamine formaldehyde	Bagus, kurang
Urea formaldehyde	
Urea formaldehyde	Bagus

Nama bahan plastik	Ketahanan
Protein formaldehyde	
Zein formaldehyde ("Vicara")	Bagus
Casein formaldehyde	Kurang
Poly Amide	
Nilon	Bagus
Poliester	
Ethylen glicol terephthalat ("Terylen") ("Fiber IV")	Bagus
Polyethylen	
Polyethylen	Bagus
Polytetrafluoroethylen ("Teflon")	Bagus
Polymonochlorotrifluoroethylen	Bagus
Polyisobutylen	Bagus
Styrene	
Polystyrene	Bagus
Polydichlorostyrene	Bagus
Vinyl dan Vinylidene	
Polyvinyl Chloride	Bagus
Polyvinyl Acetat	Kurang
Polyvinyl Chloride-Acetat	Bagus
Polyvinilidene Chloride	Bagus
Polyvinylbutyral	Bagus
Glyptal resin (alkyd resin)	Kurang, Sedang
Silicon resin	Bagus

KERUSAKAN KARENA FAKTOR KIMIA DAN FISIKA

Kerusakan karena faktor kimia dan fisika dari plastik ditunjukkan dengan berkurangnya kekuatan (strength), ketahanan bengkok, adanya cracking, kehilangan transparansi dan lain-lain. Perubahan sifat fisis seperti pembengkokan, kerapuhan bisa disebabkan karena kehilangan plasticizer. Adanya uap air dapat menyebabkan pembengkakan (swelling) atau pengkerutan pada bahan-bahan yang bersifat hidrophilic seperti nylon atau selulose acetat.

Kerusakan karena faktor kimia tergantung pada struktur kimia polimer. Polymer dibagi menjadi 2 group yaitu polimer dengan rantai linier disebut thermoplastik dan polimer dengan banyak sekali rantai cabang yang disebut thermoset. Kekuatan polimer dengan rantai lurus tergantung ukuran molekul dan kekuatan ikatan masing-masing molekul. Jumlah ikatan crosslink pada thermoplastik sangat kecil dibanding dengan thermoset. Polymer jenis thermoset mempunyai rantai cabang yang sangat banyak, oleh karenanya kerusakan yang terjadi pada plastik thermoset biasanya hanya pada permukaan saja.

Polimer thermoplastik dapat mengalami kerusakan karena :

- Rantai polimer menjadi segmen-segmen polimer yang lebih kecil.
Pada efek ini terjadi pengurangan ukuran molekul, sehingga terjadi penurunan sifat fisika.
- Beberapa rantai membentuk cross linking.
Terjadinya cross linking pada rantai polimer ini jika hanya sedikit bisa menaikkan sifat fisika, tetapi jika terlalu banyak akan menyebabkan kehilangan elastisitas, terjadinya pengkerutan dan pemecahan (cracking).
- Beberapa group polimer mengalami perubahan
Efek ini tidak menyebabkan perubahan sifat fisika namun bisa menurunkan sifat elektrik, kelarutan, penyerapan uap air dan lain-lain.

Kompon organik pada umumnya bisa bereaksi secara kimia dengan uap air, ozon dan oksigen. Sehingga bisa menyebabkan kerusakan pada plastik. Polymer yang mengandung gugus hidroksi seperti ester, amida, nitril, acetal dan keton bisa mengalami kerusakan jika terkena air. Polymer yang termasuk tipe ini adalah polyester, polyamide cellulose dan cellulose ester.

Ozon di udara, walaupun adanya hanya sedikit sekali namun mempunyai kekuatan untuk menyerang ikatan rangkap dari atom carbon dengan cara memutus ikatan rangkap. Kompon-kompon yang mengandung gugus tidak jenuh seperti karet alam dan beberapa karet sintetis bisa terserang oleh ozon

Ketahanan plastik terhadap faktor-faktor kimia dan fisika dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Nama Bahan	Kec.Penyalaan (Burning rate)	Ketahanan terhadap asam & basa	Ketahanan terhadap pelarut	Ketahanan terhadap sinar matahari
- Phenol formaldehyde resin cast (tanpa filler).	sangat lambat	cukup	baik	sangat baik
- Phenol formaldehyde resin molded (dengan filler serbuk gergaji).	sangat lambat	cukup	istimewa	sangat baik
- Phenol formaldehyde resin molded (dengan filler mineral).	tidak ada	cukup	istimewa	sangat baik
- Phenol furfural resin (dengan filler serbuk gergaji).	sangat lambat	cukup	istimewa	sangat baik
- Phenol furfural resin (dengan filler mineral).	tidak ada	cukup	istimewa	sangat baik
- Urea formaldehyde resin (filler cellulose).	sangat lambat	cukup	sangat baik	istimewa
- Melamine formaldehyde resin (filler cellulose).	tidak ada	baik	istimewa	sangat baik
- Melamine formaldehyde resin (filler asbestos).	tidak ada	baik	istimewa	sangat baik
- Aniline formaldehyde resin	sangat lambat	cukup	sangat baik	sangat baik
- Glycerol phthalate (alkyd)	sangat lambat	baik	baik	sangat baik
- Ethyl cellulose	lambat	sangat baik	larut	sangat baik
- Cellulose acetate (molding)	lambat	cukup	larut	sangat baik
- Cellulose acetate (acetyl tinggi).	lambat	cukup	larut	sangat baik
- Cellulose acetate-butirat	lambat	cukup	larut	sangat baik
- Cellulose nitrat	sangat cepat	cukup	larut	sangat baik
- Casein plastik	sangat lambat	rendah	istimewa	sangat baik
- Polyvinyl chloride-acetate (rigid).	tidak ada	istimewa	cukup	kurang baik
- Polyvinyl chloride-acetate (flexible).	tidak ada	sangat baik	cukup	kurang baik
- Polyvinyl chloride (plasticized).	rendah	sangat baik	cukup	kurang baik
- Polyvinylidene chloride (molding).	tidak ada	istimewa	istimewa	kurang baik
- Polyvinyl formal	rendah	baik	baik	sangat baik
- Polyvinyl butyral (rigid)	rendah	baik	cukup	sangat baik
- Polyvinyl butiral (flexible)	rendah	baik	cukup	sangat baik
- Polyvinyl carbazole	-	baik	cukup	sangat baik
- Allyl resin	cepat-lambat	sangat baik	istimewa	sangat baik
- Polyester resin (rigid).	cepat-lambat	sangat baik	sangat baik	sangat baik
- Polyester resin (flexible).	-	sangat baik	sangat baik	sangat baik
- Polymethyl methacrylate (cast).	lambat	sangat baik	cukup	baik
- Polymethyl methacrylate (molded)	lambat	sangat baik	cukup	sangat baik
- Polystyrene	lambat	baik	cukup	sangat baik
- Polystyrene	lambat	istimewa	sangat baik	sangat baik
- Polytetrafluoroethylene	tidak ada	istimewa	istimewa	istimewa
- Nylon (molded).	tidak ada	cukup	istimewa	sangat baik

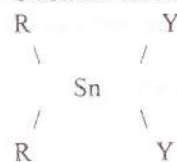
Pencegahan degradasi

Dari berbagai jenis plastik, PVC merupakan jenis yang mudah terdegradasi oleh panas. Salah satu kelemahan PVC adalah kestabilannya yang rendah pada suhu tinggi. Oleh karena itu untuk memproses PVC diperlukan stabilizer agar tidak terjadi degradasi. Proses degradasi PVC karena panas ditandai dengan adanya perubahan warna. Semakin banyak terjadi perubahan warna maka sifat fisis plastik PVC semakin menurun. Teori perubahan warna ada beberapa macam yaitu :

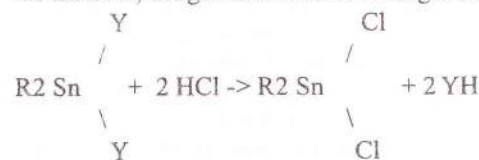
- Dehidrochlorinasi atau pengurangan atom H dan Cl.
 - Anto Oksidasi atau reaksi dengan O₂ yang membentuk hidroperoksida.
- Proses degradasi PVC karena panas dapat dicegah dengan penggunaan stabilizer sebagai berikut :

- Stabilizer timah organik

Stabilizer ini sangat efektif terhadap degradasi panas, mempunyai formula :



Senyawa ini mempunyai kemampuan untuk mengikat HCl, membentuk dialkil tin chloride, dengan reaksi kimia sebagai berikut :

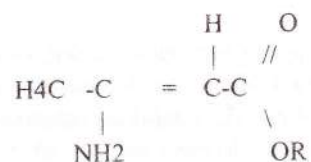


- Stabilizer logam

Senyawa logam lain yang biasa digunakan sebagai stabilizer terhadap panas adalah timah hitam, Ba, Cd dan garam Zn dari asam organik atau an organik dan senyawa phenol. Bahan ini merupakan akseptor HCl yang adanya dalam PVC kurang cukup untuk menjaga kestabilan PVC. Stabilizer logam banyak dipergunakan dalam campuran synergis seperti Ba dan Cd atau Ca dan Zn.

- Stabilizer logam bebas

Stabilizer logam bebas yang penting adalah ester dari asam amino crotonic yang mempunyai formula :



Stabilizer logam bebas yang lain adalah 2 phenylindole, phenyl urea dan di phenyl thio urea.

DAFTAR PUSTAKA

1. Anonimous. " Manual of PVC Additive ", Ciba Geigy Marienberg GMBH. 1971
2. Anonimous. " Modern Plastic Encyclopedia ", Volume 63 No. 10 A, A Mc Graw Hill Publication 1986-1987.
3. Glenn A Greathouse and carl j Wessel : " Deterioration of Material Causes and Preventive Techniques ". Reinhold Publishing Corporation 430 Park Ave. New York. USA.
4. Ronald J Baird. " Industrial Plastics ", The Goodheart, Willcox Co, Inc.